



## KOREAN PATENT ABSTRACTS(KR)

Document Code:A

(11) Publication No.1020010077095 (43) Publication Date. 20010817

(21) Application No.1020000004673 (22) Application Date. 20000131

(51) IPC Code:

H01L 27/105

(71) Applicant:

SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.

(72) Inventor:

LEE, EUN HONG  
PARK, SANG JIN  
SUK, JUNG HYEON

(30) Priority:

(54) Title of Invention

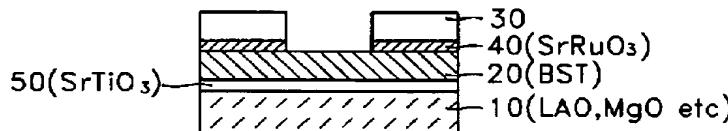
MICROWAVE PROPERTIES ENHANCEMENT BSTO TUNABLE CAPACITOR USING BUFFER LAYER AND TUNABLE RF DEVICE ATTACHING THEREOF

Representative drawing

(57) Abstract:

PURPOSE: A BSTO( $Ba0.5Sr0.5TiO_3$ ) tunable capacitor and a tunable RF device attaching thereof are provided to enhance the microwave properties using a buffer layer of  $SrRuO_3$  or  $SrTiO_3$ .

CONSTITUTION: The tunable capacitor comprises a substrate(10), a  $Ba(X)Sr(1-X)TiO_3$  ferroelectric thin film(20) formed on the substrate, and two electrodes(30) formed on the  $Ba(X)Sr(1-X)TiO_3$  ferroelectric thin film. And the tunable capacitor also comprises an  $SrTiO_3$  buffer layer formed between the substrate and the ferroelectric thin film. The tunable RF device comprises an  $SrRuO_3$  buffer layer and an  $SrTiO_3$  buffer layer formed between the substrate and the ferroelectric thin film. The substrate is composed of one of  $LaAlO_3$ ,  $MgO$ , or  $CeO$  buffered alpha-sapphire. The X composition of  $Ba(X)Sr(1-X)TiO_3$  ferroelectric thin film has a value of 0.4-0.6.



COPYRIGHT 2001 KIPO

if display of image is failed. press (F5)

(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. 7  
 H01L 27/105

(11) 공개번호 특2001-0077095  
 (43) 공개일자 2001년08월17일

(21) 출원번호 10-2000-0004673  
 (22) 출원일자 2000년01월31일

(71) 출원인 삼성전자 주식회사  
 윤종용  
 경기 수원시 팔달구 매탄3동 416

(72) 발명자 석중현  
 경기도 용인시 기흥읍 농서리 산 14-1 번지  
 박상진  
 경기도 용인시 기흥읍 농서리 산 14-1  
 이은홍  
 경기도 용인시 기흥읍 농서리 산 14-1 번지

(74) 대리인 이영필  
 권석홍  
 이상용

심사청구 : 있음

(54) 완충층을 이용한 마이크로웨이브 특성 개선 비.에스.티.오투너블 캐패시터 및 이를 부착한 튜너블 소자

요약

본 발명은  $\text{SrRuO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  완충층을 사용하여 마이크로웨이브 특성을 향상시킨 BSTO( $\text{Ba}_{0.5} \text{Sr}_{0.5} \text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터(The microwave properties enhancement BSTO tunable capacitor using  $\text{SrRuO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  buffer layer) 및 이를 이용한 튜너블 RF 소자(tunable RF device)를 기재한다. 본 발명에 따른  $\text{SrRuO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  완충층을 사용하여 마이크로웨이브 특성을 향상시킨 BSTO( $\text{Ba}_{0.5} \text{Sr}_{0.5} \text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터는, 전극과 유전체인 BST 박막 사이에  $\text{SrRuO}_3$  완충층을 구비하고, BST 박막과 기판 사이에  $\text{SrTiO}_3$  완충층을 구비함으로써, 다음과 같이 마이크로웨이브 특성(microwave property; loss, tunability)을 향상시킨다.

대표도  
 도 3

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 튜너블 캐패시터(tunable capacitor)의 수직 단면도,

도 2는 본 발명에 따른 튜너블 캐패시터의 수직 단면도,

도 3은 본 발명에 따른 또 다른 튜너블 캐패시터의 수직 단면도,

도 4는 도 2 혹은 도 3의 튜너블 캐패시터가 플립칩 형태로 부착된 튜너블 RF 소자의 평면도,

그리고 도 5는 도 3의 튜너블 캐패시터에서 측정된 바이어스 전압에 따른 캐패시턴스 값을 표시한 그래프이다.

< 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 >

1. 기판 2. BST 강유전체 박막

3. 전극

10. 기판 20. BST 강유전체 박막

30. 전극 40.  $\text{SrRuO}_3$  버퍼층

50.  $\text{SrTiO}_3$  버퍼층 100. 튜너블 캐패시터

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은  $\text{SrRuO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  완충층을 사용하여 마이크로웨이브 특성을 향상시킨 BSTO( $\text{Ba}_{0.5} \text{Sr}_{0.5} \text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터(The microwave properties enhancement BSTO tunable capacitor using  $\text{SrRuO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  buffer layer) 및 이를 이용한 튜너블 RF 소자(tunable RF device)에 관한 것이다.

도 1은 종래의 튜너블 캐패시터(tunable capacitor)의 수직 단면도이다. 도시된 바와 같이, 기존의 튜너블 캐패시터는 기판(1)과 이 기판(1) 상에 유전체층으로 BST 강유전체 박막(2)이 형성되고, 그 위에 전극(3)들이 구비된 구조를 갖는다.

이와 같은 강유전체 박막을 사용한 RF 튜너블(tunable) 소자 개발에서 가장 문제가 되었던 것은 유전체 박막의 마이크로웨이브 손실(microwave loss)이다. MW 주파수에서 손실 메커니즘(loss mechanism)은 구체적으로 알려지지 않았으나 이를 줄이기 위해 물질적인 접근, 구조적인 접근, 새로운 공정 개발 등 많은 시도가 있어 왔다.

유전체 박막에 dc 바이어스 전압(bias voltage)을 인가하여 유전상수를 변화시켜 공진주파수(또는 위상)를 가변시키는 기술은 마이크로웨이브 튜너블 소자들(microwave tunable devices; filter, phase shifter, VCO 등)의 개발에 핵심이 되는 부분이다. 즉, 튜닝(tuning)을 시켜주는 튜너블 캐패시터(tunable capacitor)의 마이크로웨이브 특성 향상이 가장 중요한 부분이다.

이 튜너블 캐패시터의 유전체인 산화물인 유전체 박막의 단결정 성장, 그리고 유전체 박막 내의 산소 공핍(oxygen vacancy)이 손실(loss)을 주는 가장 주요한 원인으로 알려져 있다. 그러나 저 직류 바이어스(low dc bias)에서 손실(loss)이  $10^{-3}$  대(order)로 낮추기란 쉽지 않다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하고자 창안한 것으로,  $\text{SrRuO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  등의 완충층을 사용하여 마이크로웨이브 특성을 향상시킨 BSTO( $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터 및 이를 이용한 튜너블 RF 소자를 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 발명의 구성 및 작용

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 완충층을 이용한 마이크로웨이브 특성 개선 BSTO( $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터는, 기판; 이 기판 상에 형성된  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막; 및 이  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막 상에 형성된 두 전극; 이 구비된 튜너블 캐패시터에 있어서, 상기  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막과 상기 두 전극 사이에 형성된  $\text{SrRuO}_3$  버퍼층; 이 구비된 것을 특징으로 한다.

본 발명에 있어서, 상기 기판은  $\text{LaAl}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CeO}_2$  buffered 알파-사파이어 중 적어도 어느 하나로 이루어지고, 상기  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막은 그 조성이  $x$ 가 0.4~0.6의 값을 갖도록 이루어지며, 상기 기판과 상기  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막 사이에 형성된  $\text{SrTiO}_3$  버퍼층; 이 더 구비된 것이 바람직하다.

또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 또 다른 완충층을 이용한 마이크로웨이브 특성 개선 BSTO( $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터는, 기판; 이 기판 상에 형성된  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막; 및 이  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막 상에 형성된 두 전극; 이 구비된 튜너블 캐패시터에 있어서, 상기 기판과 상기 BST 강유전체 박막 사이에 형성된  $\text{SrTiO}_3$  버퍼층; 이 구비된 것을 특징으로 한다.

본 발명에 있어서, 상기 기판은  $\text{LaAl}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CeO}_2$  buffered 알파-사파이어 중 적어도 어느 하나로 이루어지고, 상기  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막은 그 조성이  $x$ 가 0.4~0.6의 값을 갖도록 이루어진 것이 바람직하다.

또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 튜너블 RF 소자는, 기판; 이 기판 상에 형성된  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막; 및 이  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막 상에 형성된 두 전극; 이 구비된 튜너블 캐패시터에 있어서, 상기  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막과 상기 두 전극 사이에 형성된  $\text{SrRuO}_3$  버퍼층; 및 상기 기판과 상기  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막 사이에 형성된  $\text{SrTiO}_3$  버퍼층; 을 구비하고, 상기 기판은  $\text{LaAl}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CeO}_2$  buffered 알파-사파이어 중 적어도 어느 하나로 이루어지고, 상기  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  강유전체 박막은 그 조성이  $x$ 가 0.4~0.6의 값을 갖도록 이루어진 튜너블 캐패시터; 가 플립칩 형태로 부착된 것을 특징으로 한다.

이하 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 완충층을 사용하여 마이크로웨이브 특성을 향상시킨 BSTO( $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터를 상세하게 설명한다.

유전체박막에 dc 바이어스 전압(bias voltage)을 인가하여 유전상수를 변화시켜 공진주파수(또는 위상)를 가변시키는 기술은 마이크로웨이브 튜너블 소자들(microwave tunable devices; filter, phase shifter, VCO 등)의 개발에 핵심이 되는 부분이되고, 튜닝(tuning)을 시켜주는 튜너블 캐패시터(tunable capacitor)의 마이크로웨이브 특성을 향상이 가장 중요한 부분임은 앞서 설명한 바 있다. 따라서, 본 발명에 따른 마이크로웨이브 특성을 향상시킨 BSTO( $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터는, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 기본적으로 기판(10) 상에 형성되는 유전체로 BSTO 강유전체 박막(20)을 사용하고 전극(30)으로 Au/Ti를 사용하며, 이 기본 구조의 전극(30)과 유전체 박막(20) 사이에 도 2에 도시된 바와 같은  $\text{SrRuO}_3$  버퍼층(buffer layer) (40)을 형성하여 마이크로웨이브 특성(microwave properties) (즉 loss와 tunability)를 향상시키는 것을 특징으로 한다. 더욱이, 도 3에 도시된 바와 같이, 기판(10)과 강유전체 박막(20) 사이에  $\text{SrTiO}_3$  버퍼층(50)을 더 형성하여 마이크로웨이브 특성(microwave properties) (즉 loss와 tunability)를 향상시키는 것을 특징으로 한다.

이러한 구조를 갖도록 하는 동작 원리는 다음과 같다.

강유전체 박막(20)에 dc 바이어스(bias) 전압을 걸어주어 유전상수를 변화시키면 이로 인해 결합 용량(coupling capacitance)이 변화하게 된다. 캐패시턴스가 변하면 궁극적으로 공진주파수(또는 위상)가 변화하게 되어 튜너블 필터(tunable filter) (혹은 tunable phase shifter)의 통과 대역(wave direction)이 변하게 된다. 따라서, 바이어스 전압(bias voltage)에 따라 튜너블 캐패시터가 튜닝(tuning)될 수 있는 것이다.

결론적으로, 도 4에 도시된 바와 같이, 튜너블 소자(tunable device) 개발에 있어서 유전체 박막을 어떻게 튜닝(tuning)하느냐 하는 것이 마이크로웨이브 특성 확보가 가장 중요한 문제(issue)라 하겠다. 이러한 점을 고려하여 본 발명에서는 다음과 같이 플리칩 형태로 부착된 튜너블 캐패시터(100)를 구성한다.

첫째, 도 2에 도시된 바와 같이, 금속 전극(30)과 BSTO 강유전체 박막(20) 사이에  $\text{SrRuO}_3$  버퍼층(buffer layer)(40)을 둠으로써 금속 전극(30)과 BSTO 강유전체 박막(20) 간에 화학 반응(chemical reaction)을 막고, BSTO 박막(20)에서 산소(oxygen)가 결핍되는 것을 막아주어 손실(loss)을 상당히 줄인다.

둘째, 도 3에 도시된 바와 같이, 기판(10)과 BSTO 박막(20) 사이에  $\text{SrTiO}_3$  버퍼층(50)을 둠으로써 BSTO 박막(20)의 단결정 성장을 돋고 계면을 깨끗하게 하여 표면 거칠기(roughness)를 향상 시킨다. 이로 인해 또한 손실(loss)을 상당히 줄이고 튜닝가능성(tunability)을 향상시킨다.

세째, 도 3에 도시된 바와 같이,  $\text{SrRuO}_3$ 와  $\text{SrTiO}_3$  두 개의 버퍼층(40, 50)을 상기 첫째와 둘째에서와 같이 동시에 형성함으로써 손실(loss)과 튜닝가능성(tunability)을 향상시킨다.

본 발명의 플립칩(flip-chip) 형태의 튜너블 캐패시터(tunable capacitor)에 STO, SRO 버퍼층이 구비되도록 제작하면 쉽게  $10^{-3}$  대(order)의 손실(loss)을 얻을 수 있다.

< 실시예 >

도 4에 도시된 바와 같이 폴 길이(pole length)로 주파수를 정해 이 주파수에서 튜너블 캐패시터(tunable capacitor)의 손실(loss)과 tunability를 측정한다. 이를 통해 최적화된 특성을 지닌 캐패시터를 가지고 튜너블 필터(tunable filter), 튜너블 위상 시프트(tunable phase shifter) 등의 RF 소자 레이아웃(layout)의 결합(coupling)되는 지점에 플립칩(flip-chip)(100) 형태로 부착하여 소자를 얻어낸다.

이와 같이,  $\text{SrRuO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  버퍼층(buffer layer)을 구비하도록 제작된 BSTO 튜너블 캐패시터(tunable capacitor)의 특성을 측정한 결과가 도 5에 도시되어 있다. 이러한 측정 결과로부터 아래와 같은 손실과 tunability를 얻었다.

tunability( $(C(0) - C(50V))/C(0)$ ): 30%~40%

loss tangent: 약  $10^{-3}$  order

발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른  $\text{SrRuO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  완충층을 사용하여 마이크로웨이브 특성을 향상시킨 BSTO( $\text{Ba}0.5\text{Sr}0.5\text{TiO}_3$ ) 튜너블 캐패시터는, 전극과 유전체인 BST 박막 사이에  $\text{SrRuO}_3$  완충층을 구비하고, BST박막과 기판 사이에  $\text{SrTiO}_3$  완충층을 구비함으로써, 다음과 같이 마이크로웨이브 특성(microwave property; loss, tunability)을 향상시킬 수 있는 효과를 얻는다.

먼저, 금속 전극과 BSTO 박막 사이에  $\text{SrRuO}_3$  버퍼층(buffer layer)을 둠으로써 금속 전극과 BSTO 박막간에 화학 반응(chemical reaction)을 막고, BSTO 박막에서 산소(oxygen)가 결핍되는 것을 막아주어 손실(loss)을 상당히 줄인다.

더욱이, 기판과 BSTO 박막 사이에  $\text{SrTiO}_3$  버퍼층을 둠으로써 BSTO 박막의 단결정 성장을 돋고 계면을 깨끗하게 하여 표면 거칠기(roughness)를 향상 시킴으로써,  $10^{-3}$  대(order)로 손실(loss)을 줄일 수 있고 튜닝가능성(tunability)도 더욱 향상시킬 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

기판; 이 기판 상에 형성된  $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$  강유전체 박막; 및 이  $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$  강유전체 박막 상에 형성된 두 전극;이 구비된 튜너를 캐패시터에 있어서,

상기  $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$  강유전체 박막과 상기 두 전극 사이에 형성된  $SrRuO_3$  버퍼층;이 구비된 것을 특징으로 하는 완충층을 이용한 튜너를 캐패시터.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 기판은  $LaAl_2 O_3$ ,  $MgO$ ,  $CeO_2$  buffered 알파-사파이어 중 적어도 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는 완충층을 이용한 튜너를 캐패시터.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기  $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$  강유전체 박막은 그 조성이  $x$ 가 0.4~0.6의 값을 갖도록 이루어진 것을 특징으로 하는 완충층을 이용한 튜너를 캐패시터.

청구항 4.

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판과 상기  $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$  강유전체 박막 사이에 형성된  $SrTiO_3$  버퍼층;이 더 구비된 것을 특징으로 하는 완충층을 이용한 튜너를 캐패시터.

청구항 5.

기판; 이 기판 상에 형성된  $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$  강유전체 박막; 및 이  $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$  강유전체 박막 상에 두 전극;이 구비된 튜너를 캐패시터에 있어서,

상기 기판과 상기 BST 강유전체 박막 사이에 형성된  $SrTiO_3$  버퍼층;이 구비된 것을 특징으로 하는 완충층을 이용한 튜너를 캐패시터.

청구항 6.

제5항에 있어서,

상기 기판은  $LaAl_2 O_3$ ,  $MgO$ ,  $CeO_2$  buffered 알파-사파이어 중 적어도 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는 완충층을 이용한 튜너를 캐패시터.

청구항 7.

제5항에 있어서,

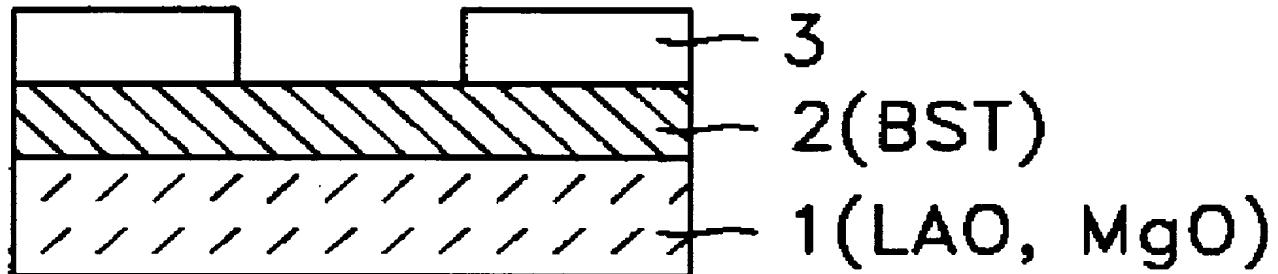
상기  $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$  강유전체 박막은 그 조성이  $x$ 가 0.4~0.6의 값을 갖도록 이루어진 것을 특징으로 하는 완충층을 이용한 튜너를 캐패시터.

청구항 8.

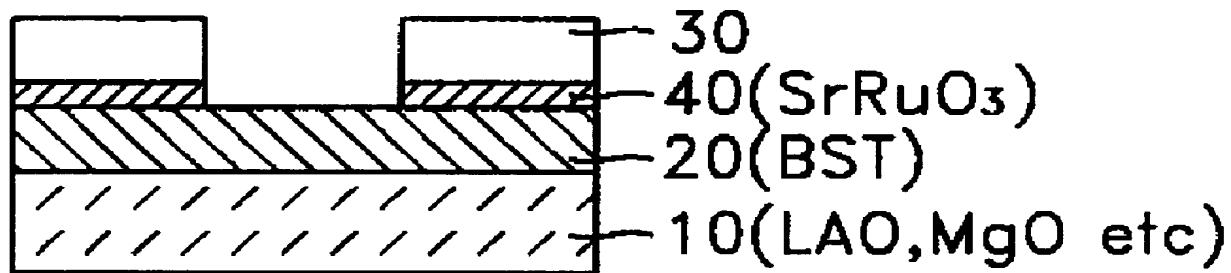
제1항 내지 제4항에 기재의 튜너블 캐패시터가 플립칩 형태로 부착된 것을 특징으로 하는 튜너블 RF 소자.

도면

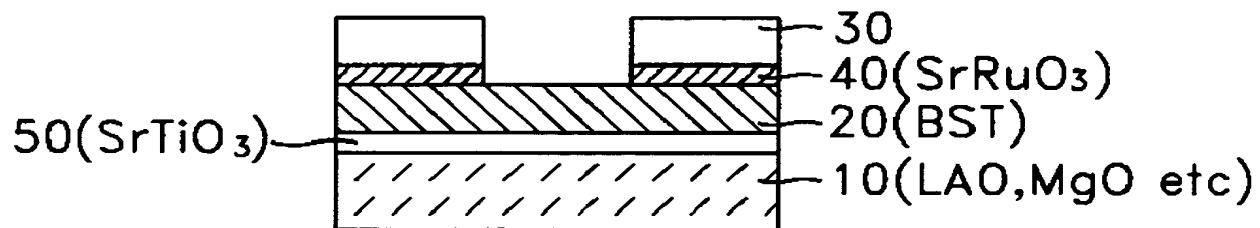
도면 1



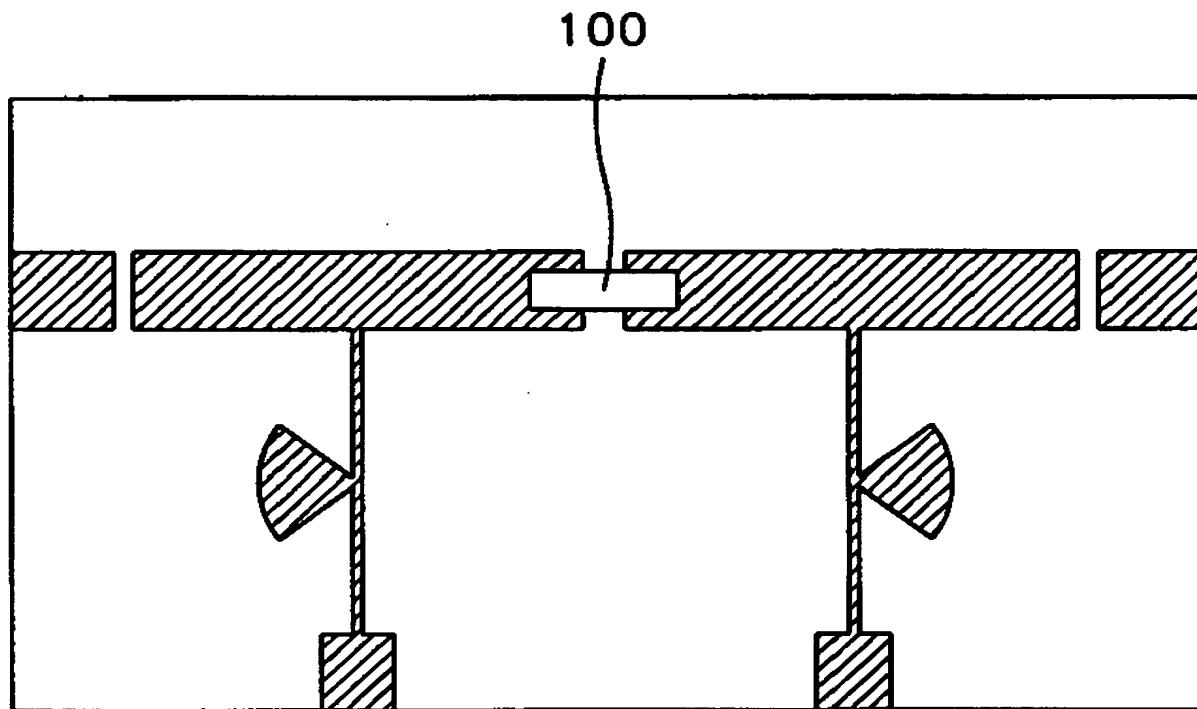
도면 2



도면 3



도면 4



도면 5

